



**Araştırma Makalesi / Research Article**  
**APPROPRIATE BINDER SELECTION TO APPLICATION REGION**  
**ACCORDING TO SUPERPAVE SYSTEM: BINGOL EXAMPLE**

**Perviz AHMEDZADE<sup>\*1</sup>, Mehmet YILMAZ<sup>1</sup>, Tacettin GEÇKİL<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Bingöl M.Y.O., İnşaat Programı, BİNGÖL

**Geliş/Received: 11.07.2007 Kabul/Accepted: 02.01.2008**

---

**ABSTRACT**

In this study, the weather temperature values that procured from Bingöl Meteorology Nation Directorate were used to determine appropriate binder performance grade according to Superpave system. Dynamic Shear Rheometer (DSR) test was performed on the two types of binder (B 70/100 and B 100/150) obtained from TUPRAS refinery and was attempted to determine the appropriate binder in point of rutting resistance for Bingöl. From obtained results, B 70/100 binder was found to be appropriate, but B100/150 binder to be not appropriate in point of rutting resistance at the regional weather conditions.

**Keywords:** Superpave, dynamic shear rheometer, rutting.

**SUPERPAVE SİSTEMİNE GÖRE UYGULAMA BÖLGESİNE UYGUN BAĞLAYICI SEÇİMİ:  
BİNGÖL ÖRNEĞİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden elde edilen hava sıcaklığı değerleri kullanılarak Superpave sistemine göre bölgeye uygun bağlayıcı performans seviyesi belirlenmiştir. TÜPRAŞ rafinesinden elde edilen iki sınıf bağlayıcı (B 70/100 ve B 100/150) üzerinde Dinamik Kayma Reometresi (DSR) deneyi uygulanarak tekerlek izi dayanımı bakımından Bingöl için uygun bağlayıcı belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlardan B 70/100 bağlayıcısının bölge hava şartlarında tekerlek izi dayanımı bakımından uygun olduğu, B 100/150 bağlayıcısının ise uygun olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Superpave, dinamik kayma reometresi, tekerlek izi.

**1. GİRİŞ**

Dünyanın ve Avrupa'nın birçok ülkesinde olduğu gibi Ülkemizde de esnek kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan asfalt çimentoları penetrasyon veya viskozite değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre yüksek kıvamlı bitümlerin sıcak iklimli yerlerde, düşük kıvamlı bitümler ise soğuk iklimli bölgelerde kullanılması tavsiye edilmektedir [1]. Fakat bitümlü bağlayıcılar, sahip oldukları viskoelastik yapıdan dolayı değişik sıcaklıklarda farklı özellikler gösterebilmektedir. Standart sıcaklıkta (25<sup>0</sup>C) uygulanan penetrasyon deneyi sonucunda kıvamının yüksek olduğu belirlenen bir bağlayıcı yüksek sıcaklıkta (135<sup>0</sup>C) yapılan viskozite deneyi sonucunda düşük kıvamlı olarak sınıflandırılabilir. Bu nedenle bağlayıcıları sabit

---

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail/e-ileti: pahmedzade@firat.edu.tr, tel: (424) 237 00 00 / 5421

sıcaklıkta yapılacak deneylere göre sınıflandırmak yerine uygulama bölgesi iklim şartlarındaki performanslarını baz alarak sınıflandırmak daha uygun olmaktadır.

Amerika Stratejik Karayolu Araştırma Programı (SHRP), 1987 yılında Amerika'daki yolların performans ve durabilitesini arttırmak ayrıca yolları daha güvenli hale getirmek amacıyla, beş yıl süreli ve 150 milyon dolar bütçeli bir araştırma programı oluşturmuştur. Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama (Superpave) sistemi, SHRP dahilinde bulunan asfalt araştırma grubunun çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Superpave sistemi; tekerlek izini, düşük sıcaklık ve yorulma çatlaklarını sınırlandırarak, uygulama bölgesindeki çevre koşullarını dikkate alarak kaplama performansını arttırmak amacıyla, kullanılacak malzemelerin performansa dayalı olarak incelenmesini içermektedir. Superpave'in üç ana bileşenini; bağlayıcı şartnamesi, karışım dizaynı ile analiz ve bilgisayar yazılım sistemleri oluşturmaktadır [2]. Superpave sistemi bağlayıcı dizaynında uygulama bölgesinin uzun süreli sıcaklık verilerinden faydalanılmaktadır. Verilerden elde edilen yüksek ve düşük sıcaklık değerleri kullanılarak kaplama sıcaklık uç değerleri belirlenmektedir. Kaplama uç sıcaklıklarında bağlayıcı numuneleri denenerek bölgede kullanılabilirlikleri belirlenmektedir.

Asfalt çimentolarını sabit sıcaklıkta yapılan deneylere göre sınıflandırarak kullanılabilirliğini belirlemek yerine Superpave sisteminde olduğu gibi bölgenin uzun süreli sıcaklık verilerine göre kullanılabilirliğini belirlemek daha akılcı ve mantıklı bir yaklaşımdır.

## 2. SUPERPAVE SİSTEMİNE GÖRE BAĞLAYICI DİZAYNI

Superpave sisteminde bağlayıcıları belirli sıcaklıklarda yapılan deneylerle sınıflandırmak ve arazi şartlarını yansıtmayan deneylerle bağlayıcıların kullanılabilirliğini belirlemek yerine uygulama bölgesinin uzun süreli iklimsel özellikleri ve coğrafi konumu dikkate alınmakta ve belirlenen sıcaklık değerlerinde uygulanan çeşitli deneylerle bağlayıcıların tekerlek izi, yorulma ve düşük ısı çatlaklarına karşı performansları belirlenmektedir. Superpave sisteminde bulunan bağlayıcı deneyleri ve kullanım amaçları Çizelge 1.'de verilmiştir [3].

**Çizelge 1.** Superpave bağlayıcı deneyleri ve kullanım amaçları [3]

Deney Adı	Kullanım Amacı
Dönel İnce Film Halinde Isıtma (RTFOT) Basınçlı Yaşlandırma Kabı (PAV)	Bitümlü bağlayıcıların yaşlanma karakteristiklerini belirlemek
Dinamik Kayma Reometresi (DSR)	Bitümlü bağlayıcıların yüksek ve orta sıcaklık karakteristiklerini belirlemek
Dönel Viskozimetre (RV)	Bağlayıcıların yüksek sıcaklık karakteristiklerini belirlemek
Kiriş Eğme Reometresi (BBR) Direkt Çekme Deneyi (DTT)	Bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklık karakteristiklerini belirlemek

Superpave sisteminde bitümlü bağlayıcıların kısa süreli yaşlanma özelliklerini belirlemek amacıyla RTFOT, uzun süreli yaşlanma karakteristiklerini belirlemek amacıyla PAV deneyleri kullanılmaktadır. DSR deneyi kullanılarak bağlayıcıların tekerlek izi oluşumu ve yorulma çatlaklarına karşı dayanımları belirlenirken RV deneyi ile bağlayıcıların pompalama ve plente karıştırma sırasındaki işlenebilirliği tespit edilmektedir. Bağlayıcıların düşük ısı çatlaklarına karşı dayanımını tespit etmek amacıyla kiriş eğme reometresi deneyi ve ihtiyaç duyulması durumunda direkt çekme deneyi kullanılmaktadır.

### 2.1. Bağlayıcıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Bitümün aşırı sert olması durumunda kaplamada düşük sıcaklıklarda çatlama, aşırı yumuşak olması durumunda ise yüksek sıcaklıklarda tekerlek izi oluşumu ve terleme gibi sorunlar ortaya

## Appropriate Binder Selection to Application Region ...

çıkılmaktadır. Bu istenmeyen durumları ortadan kaldırmak amacıyla bölge iklim şartlarına uygun bağlayıcıların tercih edilmesi gerekmektedir. Superpave sisteminde, uygulama bölgesinin uzun süreli sıcaklık verilerinden faydalanılarak kaplama sıcaklıkları tespit edilmekte ve kaplama sıcaklıklarına bağlı olarak ta bağlayıcı sınıfı belirlenmektedir.

Superpave sistemi bağlayıcı performans seviyelerinin (PG) belirlenmesinde, meteoroloji istasyonlarından elde edilen en az 20 yıllık veriler baz alınmaktadır. 20 yıllık süre içerisinde bölgede tespit edilen en yüksek 7 günlük hava sıcaklığı ortalamasından ( $T_{maks.hava}$ ) faydalanılarak yüzeyden 20 mm. derinlikteki en yüksek kaplama sıcaklığı ( $T_{maks}$ ), en soğuk 1 günlük hava sıcaklıklarından ( $T_{min.hava}$ ) faydalanılarak ta kaplama yüzeyindeki en düşük kaplama sıcaklığı ( $T_{min}$ ) tespit edilmektedir. Bu değerlerin bulunmasında bölgenin enlemi de (E) dikkate alınmaktadır. Kaplamanın en yüksek ve en düşük sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde kullanılan formüller aşağıda verilmiştir [3,4]:

$$T_{maks.}(^{\circ}C) = (T_{maks.hava} - 0,00618 \times E^2 + 0,2289 \times E + 42,2) \times 0,9545 - 17,78 \quad (1)$$

$$T_{min.}(^{\circ}C) = 0,859 \times T_{min.hava} + 1,17 \quad (2)$$

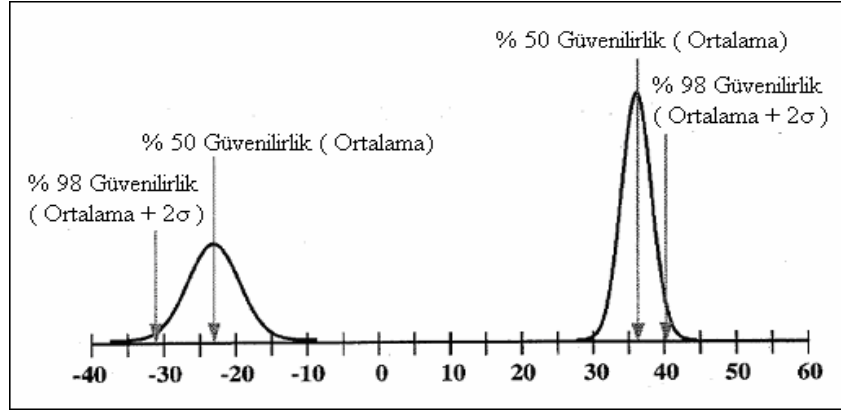
Uygulama bölgesi iklim şartları göz önünde bulundurularak tespit edilen en yüksek kaplama sıcaklığından daha yüksek olan sıcaklık sınıfı ve en düşük kaplama sıcaklığından daha düşük olan sıcaklık sınıfı alınarak bağlayıcı performans seviyesi tespit edilmektedir. Superpave sisteminde bağlayıcı türü iki değişkenli olarak "PG X-Y" şeklinde gösterilmektedir. Burada birinci değişken (X), bağlayıcının performans şartlarını sağladığı yüksek sıcaklık sınıfını, ikinci değişken (Y) ise bağlayıcının performans şartlarını sağladığı düşük sıcaklık sınıfını belirtmektedir. Kullanılması düşünülen bağlayıcılar, tespit edilen bu sıcaklıklarda Superpave bağlayıcı deneylerine tabi tutulmakta ve uygunlukları belirlenmektedir [5]. Çizelge 2.'de Superpave bağlayıcı performans seviyeleri verilmiştir [6].

**Çizelge 2.** Superpave bağlayıcı sınıfları [6]

Yüksek Sıcaklık Sınıfları, X, °C	Düşük Sıcaklık Sınıfları, Y, °C	Gösterim
46	-34, -40, -46	PG 46-Y
52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46	PG 52-Y
58	-16, -22, -28, -34, -40	PG 58-Y
64	-10, -16, -22, -28, -34, -40	PG 64-Y
70	-10, -16, -22, -28, -34, -40	PG 70-Y
76	-10, -16, -22, -28, -34	PG 76-Y
82	-10, -16, -22, -28, -34	PG 82-Y

20 yıllık süre içerisindeki 7 günlük maksimum hava sıcaklıklarının ortalaması ve en düşük bir günlük sıcaklık değerlerinin ortalamasından %50 güvenilirlikte sıcaklık değerleri belirlenmektedir. Sıcaklık değerlerinin standart sapmaları ( $\sigma$ ) kullanılarak %98 güvenilirlikte sıcaklık değerleri belirlenebilmektedir (Şekil 1.) [3].

Bağlayıcı tipinin seçiminde taşıt hızları ve trafik hacmi de dikkate alınmaktadır. Dizayn eşdeğer tek dingil yükü ve taşıt hızları kullanılarak bağlayıcı performans seviyesinin belirlenmesinde kullanılan değerler Çizelge 3.'te verilmiştir [3]. Çizelgeye uygun olarak uygulama bölgesi için belirlenen performans seviyesi 1 veya 2 seviye artırılabilir.



Şekil 1. Uygulama bölgesi sıcaklıklarına göre güvenilirlik sınırlarının belirlenmesi [3]

Çizelge 3. Taşıtlarına ve trafik hacmine göre bağlayıcı performans seviyesinin düzeltilmesi[3]

Dizayn Eşdeğer tek dingil yükü (milyon)	Genel taşıtlar hareketi		
	Park	Ağır	Normal
< 0,3	-	-	-
0,3 – 3	2	1	-
3 – 10	2	1	-
10 – 30	2	1	-
> 30	2	1	1

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT) Yöntemiyle Bağlayıcıların Yaşlandırılması

Karıştırma süresince bağlayıcının yaşlanması, laboratuvar ortamında RTFOT (dönel ince film halinde ısıtma deneyi) ile simüle edilmektedir. Bu deneyde asfalt hazırlama tesislerinde karıştırma sırasında bitümlü bağlayıcının maruz kaldığı sertleşmeyi temsil edecek şekilde, ince bir film halinde hareket eden bitümlerin veya bitümlü bağlayıcıların üzerinde, sıcaklık ve havanın birleşik etkisini değerlendirmektedir [7]. RTFOT yöntemi ile bağlayıcıların ısıtma sonucu uçucu madde kaybı belirlenebilmekte ayrıca sıcaklık ve havanın etkisiyle bitümlü malzemelerin fiziksel özelliklerindeki değişimi tespit etmek amacıyla gerekli malzeme elde edilebilmektedir. TS EN 12607-1’de belirtilen bu deney, 163°C sıcaklığa sahip etüve yerleştirilen 8 adet cam şişe kullanılarak yapılmaktadır. Her bir şişeye 35 gram bitüm doldurulup düşey ekseninde dakikada 15 devir yapacak şekilde 75 dakika süreyle döndürülmektedir. Dönme esnasında deney aletinin tabanında bulunan bir hava üfleyici yardımıyla şişelere, akışı 4000 ± 200 mL/dak. olacak şekilde hava verilmektedir. Sıcaklığın etkisiyle bitüm, şişeleri tam olarak kaplayarak ince bir film tabakası oluşturmakta ve bu sayede yaşlanmanın meydana gelişi kolaylaştırılmaktadır. Dönel ince film halinde ısıtma deneyi aleti, deney öncesinde ve sonrasındaki şişelerin durumu Şekil 2.’de verilmiştir.

Bu sürenin sonunda iki numune kütle kaybını tayin etmek amacıyla, geri kalan altı şişe ise bitümün yaşlandıktan sonraki fiziksel özelliklerini tespit etmekte kullanılmaktadır. Kütle kaybı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmektedir. Denklemden  $M_1$  yaşlanmadan önceki ağırlığı,  $M_2$  ise yaşlanmadan sonraki ağırlığı ifade etmektedir [7].



**Şekil 2.** Dönel ince film etüvü ve deney öncesi ve sonrasında şişelerin durumu

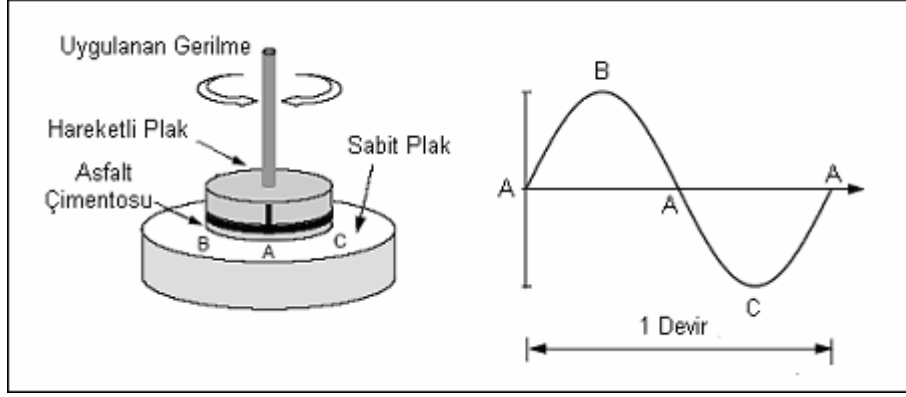
$$\text{Kütle Kaybı, \%} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3)$$

RTFO deneyinden elde edilen yaşlandırılmış numuneler üzerinde yaşlandırılmamış bağlayıcılara uygulanan deneyler tekrar uygulanarak meydana gelen değişiklikler tespit edilebilmektedir.

### **3.2. DSR Deneyi İle Bağlayıcıların Tekerlek İzi Dayanımlarının Belirlenmesi**

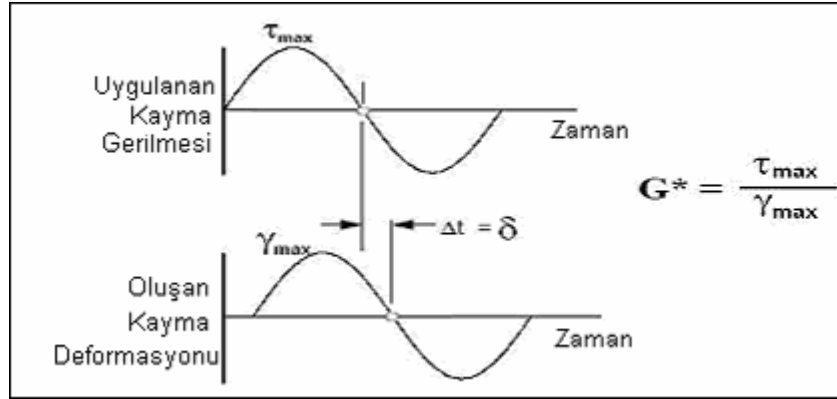
Superpave sistemi dahilinde kullanılan Dinamik Kayma Reometresi (DSR) deneyi bağlayıcıların tekerlek izi ve yorulma dayanımını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bağlayıcıların tekerlek izi dayanım parametrelerinin belirlenmesinde işlem görmemiş ve RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılırken yorulma parametrelerinin belirlenmesinde PAV yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılmaktadır.

DSR deneyinde bağlayıcılar sabit alt plak ve hareketli üst plak arasında yerleştirilmekte ve numuneye sinüsoidal gerilmeler uygulanmaktadır (Şekil 3.). Deney süresince hareketli üst plak A noktasından B noktasına gitmekte, geri dönerek A noktasına geldikten sonra C noktasına gitmektedir. Daha sonrada tekrar A noktasına ulaşmaktadır. Bu döngüye bir devir denilmektedir ve deneyde 10 devir yapılmaktadır. Deneyde dönme frekansı ise yaklaşık 10 radyan/saniye'dir (1,59 devir/saniye). Uygulanan kayma gerilmeleri ve oluşan kayma deformasyonları kullanılarak kompleks kayma modülü ( $G^*$ ) ile faz açısı ( $\delta$ ) belirlenmektedir.  $G^*$ , tekerrür eden kayma gerilmelerinin oluşturduğu deformasyonlara karşı bitümün gösterdiği toplam direncin göstergesidir [6].



Şekil 3. DSR deneyinin yapılış şekli ve bağlayıcıya uygulan gerilme yönleri [6]

Faz açısı ( $\delta$ ) ise uygulanan gerilme ile meydana gelen deformasyon arasındaki zaman aralığına ( $\Delta t$ ) eşit olmaktadır (Şekil 4.) [3,6]. Asfalt çimentosunun viskoelastik yapısından ötürü numuneye uygulanan gerilmeler ilk etapta numune tarafından karşılanmakta belirli bir süreden sonra kayma deformasyonları meydana gelmektedir. Uygulanan kayma gerilmesi, oluşan kayma deformasyonu ve faz açısı kullanılarak bağlayıcıların viskoelastik yapısı değerlendirilmektedir. Faz açısının  $0^\circ$  olması numunenin elastik davranış gösterdiğini,  $90^\circ$  olması ise viskoz davranış gösterdiğini ifade etmektedir. Bitümlü bağlayıcılar viskoelastik özellik gösterdiğinden normal şartlarda faz açısı 0 ile  $90^\circ$  arasında değişmektedir. Faz açısının düşük olması bağlayıcının daha fazla elastik özellik gösterdiğini ifade etmektedir.



Şekil 4. Kayma gerilmesi ve deformasyonları kullanarak faz açısının belirlenmesi [3,6]

Dinamik Kayma Reometresi deneyi gerilme veya deformasyon kontrollü olarak yapılabilmektedir. Bitümlü bağlayıcının tekerlek izi dayanımı belirlemek amacıyla yapılan DSR deneyinin gerilme kontrollü yapılması halinde işlem görmemiş bağlayıcılara 120 Pa, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılara ise 220 Pa sabit gerilme uygulanmaktadır. Tekerlek izi dayanımı belirlemek amacıyla işlem görmemiş ve RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar üzerinde yapılan DSR deneylerinde 25 mm.lik plaklar ve 1 mm. numune kalınlığı kullanılmaktadır. Deney sonucunda belirlenen kompleks kayma modülü ( $G^*$ ) ve faz açısı ( $\delta$ ) değerleri kullanılarak tekerlek izi dayanım parametresi olan  $G^*/\sin\delta$  değeri tespit edilmektedir.

### **Appropriate Binder Selection to Application Region ...**

İşlem görmemiş bağlayıcılar için  $G^*/\sin\delta$  değerinin minimum 1.000 Pa, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar için ise  $G^*/\sin\delta$  değerinin minimum 2.200 Pa olması gerekmektedir [3,6].

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Çalışmanın ilk aşamasında Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden elde edilen 20 yıllık sıcaklık verileri kullanılarak her bir sene için birbirini takip eden 7 günlük maksimum hava sıcaklıkları ve bir günlük en düşük hava sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu değerlerin yüksek ve düşük sıcaklık ortalamaları ve standart sapmaları belirlenerek %50 ve %98 güvenilirlik için sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bingöl ili, coğrafi konum olarak 39°54' ve 41°20' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır [8]. Bingöl ilinin coğrafi konumu göz önünde bulundurularak (1) ve (2) formülleri yardımı ile bölge için uygun bağlayıcı performans seviyeleri belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise TÜPRAŞ rafinerisinden elde edilen iki farklı sınıftan asfalt çimentosu RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmadan önce ve sonra DSR deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlardan Bingöl İli için tekerlek izi dayanımı bakımından uygun bağlayıcı sınıfı seçilmiştir.

#### **3.1. Bingöl İçin Uygun Bağlayıcı Performans Seviyesinin Belirlenmesi**

Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden elde edilen son 20 sene içerisindeki her yıl için en yüksek bir haftalık ve en düşük bir günlük hava sıcaklık değerleri Çizelge 4.'te verilmiştir. Verilerden en yüksek hava sıcaklık değerlerinin ortalaması 38°C en düşük hava sıcaklık değerlerinin ortalaması ise -16°C olarak bulunmuştur. 20 senelik sıcaklık verileri kullanılarak yüksek hava sıcaklık değerlerinin standart sapması 2°C, düşük hava sıcaklıkların standart sapması ise 4°C olarak belirlenmiştir. Bu değerler (1) ve (2) formüllerinde kullanılarak kaplama yüzeyinin 20 mm. altındaki en yüksek sıcaklık değeri %50 güvenilirliğe göre 58°C, kaplama yüzeyindeki en düşük sıcaklık değeri ise -13°C olarak belirlenmiştir. Kaplama sıcaklık değerleri baz alınarak Bingöl İli için %50 güvenilirlikte performans seviyesi Çizelge 2.'den "PG 64-16" olarak seçilmiştir.

Aynı bağıntılar kullanılarak %98 güvenilirlik için kaplamanın 20 mm. altındaki en yüksek sıcaklık değeri 61°C, kaplama yüzeyindeki en düşük sıcaklık değeri ise -20°C olarak bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak %98 güvenilirlikte performans seviyesi Çizelge 2.'den "PG 64-22" olarak seçilmiştir.

Çalışmada Bingöl İli için dizayn trafiğinin 0,3 – 3 milyon eşdeğer tek dingil yükü arasında olduğu ve taşıtların yolda normal hızla seyrettiği kabul edilmiştir. Bu veriler kullanılarak ve Çizelge 3. dikkate alınarak gerekli bağlayıcı performans seviyeleri %50 güvenilirlik için "PG 64-16", %98 güvenilirlik için ise "PG 64-22" olarak belirlenmiştir.

#### **3.2. Tekerlek İzi Dayanımı Bakımından Uygun Bağlayıcı Sınıfının Belirlenmesi**

Bingöl İli için tekerlek izi dayanımı bakımından uygun bağlayıcı sınıfını belirlemek amacıyla TÜPRAŞ rafinerisinden penetrasyon sınıflandırmasına göre iki farklı bağlayıcı (B 70/100 ve B 100/150) temin edilmiştir. B 70/100 ve B 100/150 bağlayıcıları RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmıştır. Bu bağlayıcılara yaşlandırmadan önce ve sonra penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri uygulanarak elde edilen sonuçlar şartname kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Bağlayıcılara uygulanan geleneksel deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.'te verilmiştir. Uygulanan deneyler sonucunda bağlayıcıların TS 1081 EN 12591'de belirtilen şartname kriterlerini sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 5. Bağlayıcılara uygulanan geleneksel deneylerden elde edilen sonuçlar

B 70/100			
Özellikler	Deney Metodu	Sonuç	Şartname Limitleri
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 1426	92	70 – 100
Yumuşama Noktası, °C	EN 1427	49,2	43 – 51
RTFO Yöntemiyle Yaşlandırıldıktan Sonra			
Kütle Değişimi, %	EN 12607-1	0,493	mak. 0,8
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 12607-1	57	-
Kalıcı Penetrasyon, %	EN 12607-1	62	min. 46
Yumuşama Noktası, °C	EN 1427	57,1	min. 45
Yumuşama Noktasındaki Artış, °C	EN 1427	7,9	mak. 9
B 100/150			
Özellikler	Deney Metodu	Sonuç	Şartname Limitleri
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 1426	132	100 – 150
Yumuşama Noktası, °C	EN 1427	46,1	39 – 47
RTFO Yöntemiyle Yaşlandırıldıktan Sonra			
Kütle Değişimi, %	EN 12607-1	0,668	mak. 0,8
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 12607-1	78	-
Kalıcı Penetrasyon, %	EN 12607-1	59	min. 43
Yumuşama Noktası, °C	EN 1427	55,9	min. 41
Yumuşama Noktasındaki Artış, °C	EN 1427	9,8	mak. 10

Her iki bağlayıcı yaşlandırma işleminden önce 64°C sıcaklıkta DSR deneyine tabi tutulmuştur. Yaşlandırılmış numunelere ise yaşlandırılmamış numunelerin şartname kriterini (minimum 1000 Pa) sağlayabildikleri en yüksek performans sıcaklık seviyesinde DSR deneyi uygulanmıştır. Deneylerde 25 mm.lik plaklar ve 1 mm. numune kalınlığı kullanılarak tekerlek izi dayanım parametresi olan  $G^*/\sin\delta$  değerleri belirlenmiştir. DSR deneyleri gerilme kontrollü yapılmış olup işlem görmemiş bağlayıcılarda 120 Pa, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılarda ise 220 Pa sabit gerilme değerleri kullanılmıştır. Her bir bağlayıcı türü için üç deneme yapılmış ve ortalaması alınmıştır. 10 rad/sn'lik sabit frekansta bağlayıcılara uygulanan deneylerden elde edilen sonuçların ortalamaları Çizelge 6.'da verilmiştir.

Çizelge 6. Bağlayıcılara uygulanan DSR deneylerinden elde edilen sonuçlar.

B 70/100				
Sıcaklık, °C	$G^*$ , Pa	Faz Açısı, $\delta$	$G^*/\sin\delta$ , Pa	Şartname Limiti, Pa (AASHTO T5)
DSR (İşlem Görmemiş Bağlayıcı)				
64	1485,33	82,04	1499,80	min.1000
70	760,373	83,94	764,665	min.1000
DSR (RTFOT ile Yaşlandırılmış Bağlayıcı)				
64	4975,04	73,83	5180,02	min.2200
B 100/150				
DSR (İşlem Görmemiş Bağlayıcı)				
58	2290,15	80,36	2323,05	min.1000
64	985,546	83,63	991,667	min.1000
DSR (RTFOT ile Yaşlandırılmış Bağlayıcı)				
58	12087,4	68,60	12981,9	min.2200



**Çizelge 4.** Bingöl ili son 20 sene içerisindeki 7 günlük maksimum ve 1 günlük minimum sıcaklık değerleri

Tarih	Yüksek Sıcaklık Verileri (°C)							Tarih	Düşük Sıcaklık Verileri (°C)
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün		
04-10.08.1987	36,5	36,2	37,8	39,0	39,1	37,8	38,0	29.12.1987	-12,4
18-24.07.1988	36,0	36,5	36,4	36,2	35,4	35,8	36,0	22.01.1988	-12,9
20-26.07.1989	37,5	38,8	38,4	38,5	38,2	38,1	37,2	07.01.1989	-11,5
16-22.07.1990	38,0	38,6	37,9	38,4	42,0	40,8	36,4	12.01.1990	-17,2
02-08.08.1991	38,4	40,0	39,7	39,2	38,2	37,0	38,0	10.02.1991	-20,8
02-08.08.1992	33,6	35,8	36,3	37,3	36,2	35,5	34,4	27.12.1992	-25,1
17-23.07.1993	38,2	38,4	39,8	39,9	39,4	40,5	40,0	01.01.1993	-20,2
09-15.07.1994	36,0	36,4	37,6	39,0	38,2	38,5	37,2	06.12.1994	-22,2
17-23.07.1995	36,0	35,2	36,2	37,3	36,3	37,2	37,0	23.01.1995	-15,2
01-07.08.1996	38,6	40,0	38,5	36,8	35,2	37,0	36,0	05.02.1996	-14,4
29.07-04.08.1997	36,3	36,5	37,4	34,6	34,8	36,2	37,0	07.02.1997	-17,8
15-22.07.1998	38,6	39,6	39,2	38,2	38,5	39,3	38,4	16.02.1998	-14,2
15-22.08.1999	38,2	38,8	38,3	37,0	38,0	38,3	38,0	21.02.1999	-8,7
13-19.07.2000	37,6	38,2	38,0	37,6	39,0	38,8	37,7	22.01.2000	-17,3
23-29.07.2001	38,3	39,0	40,2	42,0	41,4	40,5	40,0	22.02.2001	-13,5
28.07-03.08.2002	35,2	34,2	35,0	35,6	35,6	35,4	33,8	28.12.2002	-22,8
03-09.08.2003	38,0	38,4	36,0	36,2	36,0	39,0	37,4	23.02.2003	-12,6
27.07-02.08.2004	36,2	36,4	37,4	37,8	38,2	39,2	36,7	01.12.2004	-15,2
24-30.07.2005	38,0	37,4	37,4	38,3	40,0	39,0	38,4	29.12.2005	-16,2

Yaşlandırılmamış numuneler üzerinde 64°C'de yapılan deneylerden B 70/100 bitümünün şartname kriterini sağladığı fakat B 100/150 bitümünün ise sağlayamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle bağlayıcıların performans seviyesi yüksek sıcaklık değerlerini belirleyebilmek amacıyla B 70/100 bitümlü bağlayıcısı bir üst yüksek sıcaklık performans değeri olan 70°C'de, B 100/150 bitümlü bağlayıcısı ise bir alt yüksek sıcaklık performans seviyesi olan 58°C'de denenmiştir. B 70/100 bitümü 70°C'de şartname kriterini sağlayamazken B 100/150 bitümü 58°C'de şartname kriterini sağlayabilmiştir. Yaşlandırılmış B 70/100 bağlayıcısı 64°C'de, B 100/150 bitümü ise 58°C'de denenecek elde edilen sonuçlar yaşlandırılmış bağlayıcı şartname kriteri (minimum 2200 Pa) ile karşılaştırılmıştır. B 70/100 bitümü için her iki şartın sağlanabildiği performans seviyesi yüksek sıcaklık değeri 64°C, B 100/150 bitümü için ise 58°C olarak tespit edilmiştir. Yaşlandırılmamış bağlayıcılara 64°C'de uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında B 70/100 bitümünün  $G^*$  ve  $G^*/\sin \delta$  değerlerinin B 100/150 bitümüne göre daha yüksek faz açısı değerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

SHRP tarafından geliştirilen Superpave sisteminde bitümlü bağlayıcılar Ülkemizde olduğu gibi kıvamlarına göre (penetrasyon veya viskozite) sınıflandırmak ve kullanmak yerine uygulama bölgesi iklim şartlarındaki performanslarına göre sınıflandırılmakta ve kullanılmaktadır. Bu nedenle bir çok ülke Superpave sisteminin mantığını kabul etmiş ve sistemi uygulayabilmek amacıyla çalışmalarına başlamışlardır. Superpave sisteminde uygulama bölgesinden elde edilen en az son 20 senelik sıcaklık verileri dikkate alınarak bölge için geçerli bağlayıcı performans seviyeleri belirlenmektedir. Daha sonra bağlayıcılar şartnamede belirtilen sıcaklıklarda Superpave bağlayıcı deneylerine tabi tutularak uygunlukları tespit edilmektedir.

Superpave sisteminde bitümlü bağlayıcıların tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımını belirlemek amacıyla performans seviyesi yüksek sıcaklık değerinde 25 mm.lik plaklar kullanılarak 1 mm. kalınlığında numunelere Dinamik Kayma Reometresi deneyi uygulanmaktadır. İşlem görmemiş ve RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılara uygulanan DSR deneyleri sonucunda tekerlek izi dayanım parametresi olan  $G^*/\sin \delta$  değerinin işlem görmemiş bağlayıcılar için en az 1000 Pa, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılarda ise en az 2200 Pa olması istenmektedir.

Çalışmada uygulama bölgesi olarak Bingöl İli seçilmiştir. Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden elde edilen son 20 sene içerisindeki bir haftalık en yüksek ve bir günlük en düşük hava sıcaklık değerlerinden Superpave sistemine göre %50 güvenilirlik için performans seviyesi "PG 64-16", %98 güvenilirlik için ise "PG 64-22" olarak belirlenmiştir. Bingöl bölgesi şartları dikkate alındığında Superpave sistemine göre tekerlek izi dayanımı bakımından bağlayıcıların kullanılabilir olması için hem yaşlandırılmamış hem de RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcıların 64°C sıcaklıkta yapılan DSR deneyleri sonucunda şartname kriterlerini sağlamaları gerektiği belirlenmiştir.

Bingöl için kabul edilen dizayn şartlarına göre %50 ve %98 güvenilirlikte tekerlek izi kriteri açısından Ülkemizde üretilen asfalt çimentosu sınıflarından uygun olanını belirlemek amacıyla TÜPRAŞ rafinerisinden elde edilen B 70/100 ve B 100/150 bitümleri DSR deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlardan hem yaşlandırmadan önce hem de yaşlandırmadan sonra B 70/100 bitümünün 64°C'de, B 100/150 bitümünün ise 58°C sıcaklıkta şartname kriterlerini sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen verilerden hem %50 hem de %98 güvenilirlikte B 70/100 bağlayıcısının Bingöl bölge şartlarına uygun olduğu, B 100/150 bitümünün ise uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Bağlayıcılara 64°C sıcaklıkta uygulanan DSR deney sonuçlarına göre B 700/100 bitümünün  $G^*$  ve  $G^*/\sin \delta$  değerlerinin daha yüksek olması bu bağlayıcının tekerlek izi dayanımının B 100/150 bitümüne göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Faz açısı değerinin daha düşük olması ise bu bağlayıcının daha fazla elastik özelliğini göstereceğini ifade etmektedir.

### *Appropriate Binder Selection to Application Region ...*

Bitümlü bağlayıcıların Superpave sistemine göre performans seviyelerinin belirlenebilmesi için sadece tekerlek izi dayanımı açısından değil yorulma ve düşük ısı çatlakları açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bağlayıcıların PAV yöntemiyle yaşlandırılarak yeniden DSR deneyine ayrıca BBR deneyine tabi tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada imkanlar dahilinde bağlayıcılar sadece tekerlek izi dayanımı bakımından değerlendirilebilmiştir. Superpave sisteminin değerlendirilip Ülkemizde uygulanması durumunda yapılacak yolların ömrü ve maliyeti açısından büyük avantaj sağlanacağı ayrıca trafik güvenliğinin arttırılacağı düşünülmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- [1] Kaşak, S., Orhan, F., Eribol, S. ve diğ., "Yeni Bitüm Standardı", Dördüncü Ulusal Asfalt Sempozyumu, K.G.M., Ankara, 2004, s. 405-413.
- [2] "Superpave Mix Design", Superpave Series, SP – 2, 1996.
- [3] Mcgennis, R.B., Shuler, S., Bahia, H.U., "Background of Superpave Asphalt Binder Test Methods", No. FHWA-SA-94-069, pp. 104, 1994.
- [4] Tunç, A., "Esnek Kaplama Malzemeleri El Kitabı", Asil Yayın Dağıtım, 352 s. 2004
- [5] Huang, Yang H., "Pavement Analysis And Design", 1. title, Pearson Education, New Jersey, U.S.A., 1994.
- [6] Zaniwski, J. P., Pumphrey, M. E., "Evaluation of Performance Graded Asphalt Binder Equipment and Testing Protocol", Asphalt Technology Program, pp. 107, 2004.
- [7] TS EN 12607-1, "Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar – Sıcaklık ve Havanın Etkisiyle Sertleşmeye Karşı Direncin Tayini – Bölüm 1: RTFOT (Etüvde Hareket Halinde İnce Film Deneyi) Yöntemi", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s., 2003.
- [8] Bingöl Valiliği (2007), Bingöl hakkında internet. Available from: <http://www.bingol.gov.tr/> erişim tarihi Nisan, 15, 2007.